

Д. И. Давыдов*, Н. В. Казанцева

Институт физики металлов имени М. Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

*davidov@imp.uran.ru,

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДА Co_3 (W, Al)

Проведено исследование влияния термообработки на структуру и фазовый состав сплава $\text{Co}-7,9\text{Al}-6,8\text{W}$ (ат. %). Отжиг выше температуры γ' -сольвуса с последующей закалкой приводит к образованию пересыщенного твердого раствора кобальта. Температура старения оказывает сильное влияние на размер и морфологию частиц упрочняющей γ' -фазы.

Ключевые слова: кобальт, Co_3 (Al, W), термообработка, структура, фазовый состав.

D. I. Davydov, N. V. Kazantseva

EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE STRUCTURE AND PHASE COMPOSITION OF Co_3 (W, Al) BASED ALLOYS

Morphology of the γ' -precipitations in the $\text{Co}-7.9\text{Al}-6.8\text{W}$ (at. %) alloy in depending on heat treatments is investigated. Annealing at temperature just higher than the γ' -solvus one allowed us to conserve the supersaturated γ -phase. The size and morphology of the hardening phase particles depends on the aging temperature.

Key words: cobalt, Co_3 (Al, W), heat treatments, structure, phase composition.

Сплавы системы $\text{Co}-\text{Al}-\text{W}$ рассматриваются как перспективные конструкционные материалы, обладающие ферромагнитными свойствами [1, 2, 3]. Они имеют схожую структуру с традиционными никелевыми сплавами, в которых упрочнение происходит за счет выделения интерметаллидной фазы. В жаропрочных кобальтовых сплавах, кроме ферромагнитного твердого раствора на основе ГЦК-кобальта (γ -фаза) и упрочняющей γ' -фазы на основе интерметаллида Co_3 (Al, W), могут присутствовать различные интерметаллидные фазы как ферромагнитные, так и парамагнитные.

Проведено исследование влияния термообработки на структуру, фазовый состав и магнитные свойства сплава следующего состава

ва Co–7,9Al–6,8W (ат. %). Исследования структуры проведены с использованием просвечивающего электронного микроскопа JEM-200CX с последующей обработкой снимков в программе SIAMS-600. Фазовый состав определялся с помощью рентгеновского дифрактометра ДРОН-3 в излучении меди. Для магнитных измерений был использован вибрационный магнитометр Lake Shore 7407.

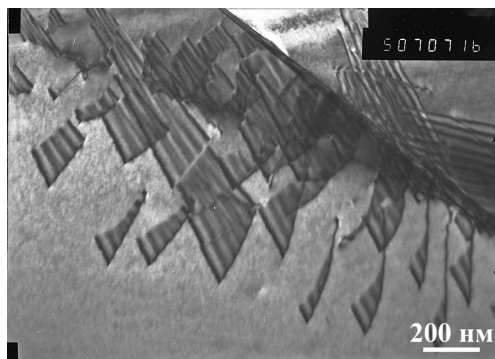
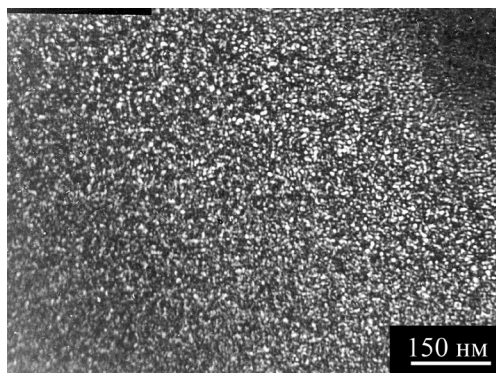


Рис. 1. Структура сплава после закалки с температуры 1050 °С

Исходно литые образцы подверглись гомогенизирующему отжигу при температуре 1250 °С в течение 24 ч с последующим охлаждением с печью. В дальнейшем была проведена термообработка по следующему режиму: нагрев до температуры 1050 °С, выдержка 40 мин, закалка в воду. В результате происходит полное растворение γ' -фазы, структура сплава представляет собой структуру твердого раствора без выделений упрочняющей фазы (рис. 1).

Закаленный сплав без выделений γ' -фазы подвергался старению при температурах 650, 800, 850 °С в течение 6 ч с последующим охлаждением в воде. После термообработки наблюдались выделения γ' -фазы различного размера (рис. 2).

a



б

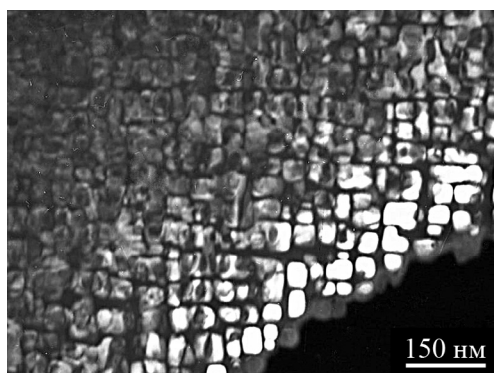


Рис. 2. Структура сплава после старения при различных температурах: *a* — при 650 °С; *б* — при 850 °С

В зависимости от температуры старения средний размер частиц определен как 9 нм для температуры старения 650 °С, 13 нм для 800 °С

и 30 нм для 850 °С. Результаты исследования фазового состава и магнитных свойств представлены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние термообработки на фазовый состав и магнитные свойства исследуемого сплава

Параметры сплава	Термообработка		
	1050 °С + 650 °С	1050 °С + 800 °С	1050 °С + 850 °С
Фазовый состав	$\gamma + \gamma'$	$\gamma + \gamma' + \text{Co}_3\text{W}$	$\gamma + \gamma' + \text{Co}_3\text{W} + \text{Co}_7\text{W}_6$
Нс, Э	4,35	10,4	117,9
Средний размер частиц γ' -фазы, нм	9	13	30
Объемная доля частиц γ' -фазы, %	50	43.6	87

Морфология частиц упрочняющей γ' -фазы $\text{Co}_3(\text{Al}, \text{W})$ также зависит от температуры старения: при температуре 650 °С частицы имеют округлую форму, с увеличением температуры старения форма частиц становится ближе к кубоидной. С увеличением температуры отжига увеличивается коэрцитивная сила сплава с 4 до 120 Э, что, по-видимому, связано с увеличением среднего размера частиц γ' -фазы. При этом намагниченность насыщения меняется незначительно.

Работа выполнена при поддержке проекта УрО РАН № 18-10-2-24 в рамках бюджетной темы «Давление» АААА-А18-118020190104-3.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Cobalt-base high-temperature alloys / J. Sato [et al.] // Science. 2006. V. 312. P. 90–91.
- 2 Suzuki A., Pollock T. M. High-temperature strength and deformation of γ/γ' two-phase Co–Al–W-base alloys // Acta Materialia. 2008. V. 56, № 6. P. 1288–1297.
- 3 Heat-Resistant Alloys Based on Intermetallic $\text{Co}_3(\text{Al}, \text{W})$ / E. P. Romanov [et al.] // Doklady Chemistry. 2017. V. 473. P. 88–91.